

ВЛИЯНИЕ ДОПИРОВАНИЯ МАГНИЕМ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ НА СВОЙСТВА КЕРАМИКИ, ПОЛУЧЕННОЙ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ*

Актуальной задачей керамической технологии является разработка методов формирования высокоплотной корундовой керамики, среди которых можно выделить метод электрофоретического осаждения (ЭФО), который исключает внутренние напряжения и неоднородности плотности внутри компакта. Из литературных данных известно, что для применения метода ЭФО можно выделить проблему увеличения плотности компактов до спекания [1]. Авторы работы [2] сообщают, что добавление MgO к Al_2O_3 ускоряет процессы диффузии на границах зерен, что приводит к уплотнению керамики при спекании.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния допирования магнием наночастиц оксида алюминия на свойства керамики, полученной методом ЭФО. Нанопорошки партий А и АМ были получены методом электрического взрыва Al-провода и провода из сплава Al с 1.3 вес. % Mg, соответственно. Наночастицы двух партий порошков имели сферическую форму. Удельная поверхность (метод БЭТ) нанопорошков А и АМ составила 42 и 40 м²/г, соответственно. По данным РФА нанопорошок А содержал две фазы: 15 вес. % $\gamma-Al_2O_3$ и 85 вес. % $\delta-Al_2O_3$. Нанопорошок АМ содержал четыре фазы: 31 вес. % $\gamma-Al_2O_3$ и 69 вес. % $\delta-Al_2O_3$, а также 0.4 вес. % $\alpha-Al_2O_3$ и 0.3 вес. % Al. Деагрегированные суспензии (концентрация 62 г/л) на основе нанопорошков А и АМ готовили в среде изопропилового спирта методами ультразвуковой обработки (УЗО) и последующего центрифугирования. Согласно данным определения фракцион-

ного состава для обеих суспензий А и АМ после 125 мин УЗО и последующего центрифугирования (6000 об/мин., 3 мин.), размер агрегатов обеих фракций понижался. Для суспензии А определено наличие агрегатов размером 231 нм (23 %) и индивидуальных частиц размером 115 нм (77 %), а для суспензии АМ определено наличие агрегатов размером 174 нм (44 %) и индивидуальных частиц размером 46 нм (56 %). В таблице 1 приведены характеристики суспензий нанопорошков (А и АМ) и параметры ЭФО.

Таблица 1

Характеристики суспензий нанопорошков А и АМ и параметры ЭФО

Образец	рН суспензии	ζ-потенциал суспензии, мВ	Режим ЭФО (напряжение, время)	Масса сухого компакта, мг/см ²
А_1	3.9	+35	100 В, 3 ч	276.2
АМ_2	7.3	+43	20 В, 3 ч	180.8

Плотность ЭФО компактов до спекания составляла 31 % от теоретической. Спекание проводили при температуре 1650 °С (4 ч). По данным РФА, после спекания образец керамики АМ_2 содержал две кристаллические фазы: 2.5 вес. % шпинели $MgAl_2O_4$ и 97.5 вес. % $\alpha-Al_2O_3$. Образец керамики А_1 являлся однофазным ($\alpha-Al_2O_3$). Карты распределения по элементам приведены на рис. 1, из которых можно сделать вывод о сегрегации магния по границам зерен спекенной керамики АМ_2 (рис. 1 б, г). Установлено, что допирование магнием наночастиц оксида алюминия привело к увеличению плотности керамики с 2.58 до 3.93 г/см³ и микротвердости с 3.30 ± 0.07 до 17.7 ± 0.5 ГПа (метод индентирования, Nanotest 600).

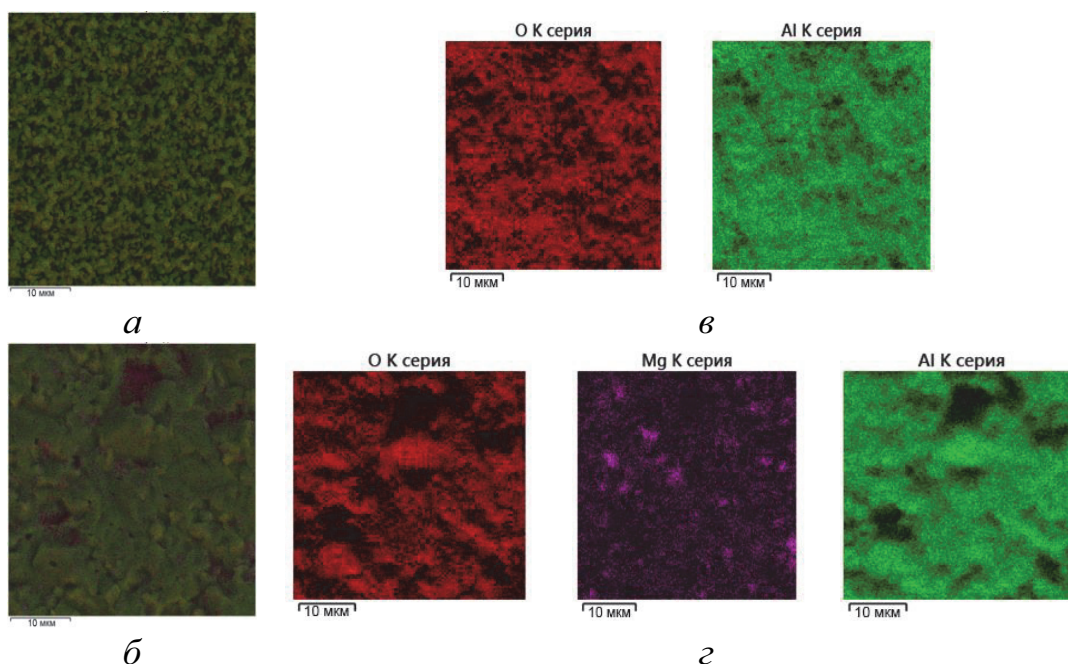


Рис. 1. Поперечное сечение образцов керамики А_1 (а, б) и АМ_2 (б, з) после спекания при температуре 1650 °С (4 ч): а, б – интегрированная карта поверхности; в, з – индивидуальные элементы

Список литературы

1. The effect of the particle size and the morphology of alumina powders on the processing of green bodies by electrophoretic deposition / K. König, S. Novak et al. // J. Materials Processing Technology. – 2010. – V. 210. – P. 96–103. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2009.08.007.
2. Effect of MgO Additive on Microstructure of Al₂O₃ / Z. Harun, N. F. Ismail et al. // Advanced Materials Research. – 2012. – V. 488–489. – P. 335–339. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.488-489.335.

Работа была частично выполнена с использованием оборудования коллективных центров ИЭФ УрО РАН и ИВТЭ УрО РАН (“Состав вещества”). Авторы благодарят зав. лаб., к.т.н. И.В. Бекетова за развитие технологии нанопорошков, а также проф., д.ф.-м.н. А.П. Сафронова за исследование дисперсного состава суспензий и ценные рекомендации, н.с., к.х.н. А.С. Фарленкова за проведение энергодисперсионного анализа и с.н.с., к.ф.-м.н. А.С. Кайгородова за изучение микротвердости керамик.